

Caractérisation de la variation des délais dans les applications de supervision de réseaux et de services

Abdelkader Lahmadi, Laurent Andrey, and Olivier Festor

LORIA - INRIA Lorraine - Nancy Universités
615 rue du Jardin Botanique
F-54602 Villers-lès-Nancy, France
{Abdelkader.Lahmadi, Laurent.Andrey}@loria.fr

Résumé La qualité des activités de supervision reposant sur un modèle gestionnaire-agent est un verrou à soulever notamment dans des environnements à large échelle. Les dimensions grandissantes de ces environnements altèrent considérablement les performances des systèmes de supervision, notamment le degré de synchronisation entre la vue observée par le gestionnaire et la vue réelle du système géré. Dans ce travail, nous avons analysé la variation de délais que subissent les variables de gestion au cours de transferts de leurs valeurs. Nous avons caractérisé cette variation selon une méthodologie d'analyse statistique. Les mesures de délais sont effectuées dans un environnement à large échelle dans le cadre d'une supervision basée sur le *framework* JMX, le standard *defacto* pour la gestion des applications utilisant la technologie Java.

Key words: caractérisation, analyse, délais, variation, supervision, gestion, JMX.

1 Introduction

La performance des applications de gestion de réseaux et de services est devenue une préoccupation dans la communauté de gestion. Cette préoccupation est due aux défis auxquels doivent faire face les activités de gestion pour garantir sa propre performance et la qualité de service des systèmes gérés. Cette garantie nécessite la compréhension et la maîtrise de la performance des activités de gestion dans différents environnements notamment ceux à large échelle. Une activité maître dans tous les systèmes de gestion est la supervision. Cette activité repose sur l'observation de l'état du système géré afin que d'autres activités puissent être déclenchées afin de résoudre des problèmes qui peuvent surgir sur ce système géré. Les données collectées par cette activité sont de grandes utilités pour rejouer les vues obtenues du système pour diagnostiquer une panne avertie par un utilisateur de service. Généralement ces données sont datées et stockées dans une base de données pour garder un historique, ou les manipuler par la suite pour extraire des informations de gestion. Au cours de transfert de ces données

entre les différentes entités de gestion elles subissent éventuellement plusieurs imperfections temporelles. Ces imperfections sont dus notamment aux délais engendrés au cours de ce transfert ainsi que les variations qu'ils présentent dans des environnements large échelle ou sous des intensités de supervision élevées.

Il y a très peu de travaux, à notre connaissance, qui essaient d'évaluer cet aspect des imperfections temporelles des applications de supervision ainsi que les erreurs qu'elles introduisent sur les données de gestion collectées. Une étape cruciale dans cet objectif est de mieux comprendre ces variations et leurs sources afin de les maîtriser. Dans ce papier, nous étudions ces variations de délais afin d'identifier dans un premier temps leur source (réseau ou applicatif). Dans un deuxième temps, nous avons modélisé ces variations par des distributions statistiques classiques. Cela nous permettra d'identifier un modèle statistique de ces variations. Nous avons mesuré ces variations dans le cadre d'une supervision basée sur JMX dans un environnement à large échelle. À travers ces mesures, nous avons proposé une métrique qui quantifie le rapport signal bruit d'un processus de supervision, où nous avons mis en relation le signal d'observation par rapport au signal de réponses bruité par ces variations.

Dans la section 2, nous présentons des travaux liés, notamment ceux portant sur l'étude de la performance dans la contexte de gestion de réseaux et de services. Dans la section 3, nous détaillons les propriétés temporelles de processus de supervision notamment celui reposant sur une interaction de type requête-réponse. La caractérisation des incertitudes temporelles de ce type de processus dans le cadre d'une supervision basée sur JMX est présentée dans la section 4. Une conclusion et les travaux futurs sont présentés dans la section 5.

2 Travaux relatifs

Les délais dans les applications de gestion et leurs effets sur leurs algorithmes associés sont rarement étudiés dans la communauté de gestion de réseaux et de services. Les travaux existants [1] se focalisent notamment à résumer ces délais sous la forme de moyennes et au mieux les écarts-type. En revanche, évaluer d'une manière pertinente les délais d'une application de supervision notamment celles à caractère temps réel nécessite une meilleure compréhension de la variation de ces délais pour qu'elle puisse gérer les environnements lui est confié. L'aspect perturbation que subit un processus de supervision a été introduit par Goldzmidt dans [2]. Ces perturbations se présentent notamment sous la forme des incertitudes temporelles des valeurs observées par le processus de supervision. En revanche, aucune analyse n'a été effectuée depuis pour quantifier ces incertitudes. Dans [3], les auteurs ont analysé les erreurs temporelles introduites lors de la mesure des charges réseaux. Cette analyse s'est focalisée sur les erreurs des compteurs SNMP [4] d'un routeur et celles des outils de capture de trafic, comme Tcpdump¹. Leur étude a confirmé la distorsion temporelle que subissent les valeurs de variables observées. En revanche cette étude reste partielle et elle lui manque l'aspect large échelle et son effet sur ces variations.

¹ <http://www.tcpdump.org>

Récemment, de plus en plus d'infrastructures dynamiques sont déployées à large échelle. Notamment les infrastructures VoIP² qui présentent des composants à courte durée de vie, comme les transactions SIP³. Les applications de supervision de ces infrastructures nécessitent de faible délai pour qu'elles puissent capturer ces composantes hautement dynamique [5]. En effet, notre travail se positionne dans le contexte d'identification des modèles de performances des processus de gestion qui seront de grande utilité pour l'analyse analytique et la simulation de ces processus.

3 Modèle temporel d'une activité de supervision

La compréhension de la variation des délais de supervision est importante car elle tend à transformer un signal périodique en un signal apériodique. En effet, une activité de supervision reposant sur un mode de scrutation consiste à l'introduction d'un signal périodique pour collecter les données de gestion depuis des agents à des intervalles périodiques. La figure 1 représente une interaction sous forme des requêtes/réponses entre un gestionnaire et un agent pour transférer les valeurs d'une variable de gestion entre ces deux entités. Au cours de chaque

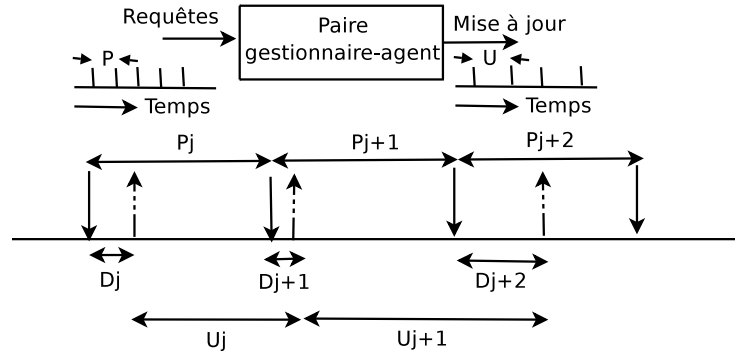


Fig. 1. Modèle temporel d'une activité de supervision basée sur un mode de scrutation.

intervalle P_j le gestionnaire envoie une requête à l'agent sollicitant la valeur de la variable. La réponse à cette requête arrive sur le gestionnaire après un délai D_j . À la réception de la réponse le gestionnaire met à jour la valeur de la variable et procède à son stockage. Ce processus de collecte de valeurs de variables met en relation un signal d'entrée qui se présente sous la forme de l'intensité de demande de supervision en termes de opérations par seconde. La sortie de ce processus est un signal qui se présente sous la forme de débit de supervision en terme de variables collectées par seconde. On observe d'après la

² Voice over IP.

³ Session Initiation Protocol.

figure 1 que les périodes de mise à jour des valeurs, noté U_j sont égales à : $U_j = P_j - D_j + D_{j+1} = P_j + (D_{j+1} - D_j)$. Ainsi, ces périodes dépendent notamment de la variation de délais, $D_{j+1} - D_j$ que subissent les variables par le biais des opérations qui les manipulent. Quand cette variation est nulle, le signal de mise à jour de valeurs des variables est périodique de période U_j . En revanche, en cas de perturbations sur les délais, ce signal devient apériodique avec des périodes U_j différentes.

4 Caractérisation de la variation temporelle

Nous nous sommes focalisé sur le processus d'arrivée des réponses sur un questionnaire depuis un ou plusieurs d'agents sous un mode de scrutation.

4.1 Méthodologie de mesure et d'analyse

Nous avons mesuré les délais que subissent les attributs supervisés au niveau applicatif et niveau réseau. Pour mesurer les délais au niveau applicatif, nous avons utilisé l'instruction Java *getCurrentTimeMillis*. Au niveau réseau, nous avons utilisé l'outil *dumpcap* pour capturer le trafic de supervision ensuite nous avons analysé le fichier de capture avec nos propres scripts développés en langage *PERL* pour calculer les délais des opérations *getAttribute*. À partir de ces délais, nous avons inféré la variation correspondante. La variation de délai est calculée comme étant la différence entre deux délais successifs qui subit une variable, noté V_i , lors de la transfert de sa valeur par le biais d'une opération de gestion. En effet, la variation de délai $\delta(V_i) = D_j(V_i) - D_{j-1}(V_i)$, où $D_j(V_i)$ et $D_{j-1}(V_i)$ sont les délais que subit la variable au cours des intervalles de scrutation respectifs j et $j - 1$. Un de nos objectif est d'identifier si cette variation de délai suit une certaine distribution statistique connue comme : Exponentielle, Gamma, Weibull, etc. Nous avons utilisé l'indicateur de divergence⁴ [6], noté λ^2 , développé par Vern Paxson pour mesurer la déviation entre la distribution empirique identifiée depuis un échantillon de mesure et une distribution théorique quelconque. La distribution qui approche au mieux la distribution empirique est celle qui possède une valeur de l'indicateur de divergence minimale.

4.2 Description de la pratique de supervision

Nous avons mené nos mesures sur une pratique de supervision basée sur le *framework* JMX [7,8]. Les paramètres de la pratique de gestion qui nous avons déployés sur notre banc de mesure [9] dédié au *framework* JMX sont représentés dans le tableau 1. En s'appuyant sur cette pratique, nous avons défini deux scénarios de test. Dans le premier scénario, nous avons surveillé un serveur Web nommé TJWS⁵ sous différentes intensités de demande de supervision en

⁴ Discrepancy measure.

⁵ <http://tjws.sourceforge.net/>

Paramètres de la pratique de gestion
Approche gestionnaire, agent
Agent démon
Technologie JMX
Connecteur RMI/TCP
Fonction de surveillance
Mode scrutation
Opération <i>getAttribute</i> , multiplicité égale 1
Opérations concurrentes
Instrumentation interne

Tab. 1. Paramètres de la pratique de gestion sous test.

terme de *getAttribute*/seconde. Le serveur Web est instrumenté selon un modèle d'intégration de type démon de l'agent de supervision [10]. Dans le deuxième scénario, nous avons varié le nombre d'agent attachés à un gestionnaire. Les agents sont de type synthétique puisqu'ils ne gèrent aucune application réelle. Chacun d'agent est soumis à une intensité de supervision de 1 *getAttribute*/s. La plate-forme physique de tests une grappe de 100 machines connectées par un réseau Ethernet de capacité 1 Gbits/s. Il s'agit de la grappe *I-Cluster*²⁶ faisant partie de la grille *Grid5000*. Chaque machine repose sur deux processeurs *Itanium 2* d'architecture 64 bits cadencés chacun à une vitesse de 900 MHZ et doté d'une mémoire de capacité 3 Giga octets. Le système d'exploitation déployé sur ces machines est un Linux RedHat version AS 3, reposant sur un noyau version 2.4.21-32.0.1.EL. La JVM déployée est une BEA WebLogic JRockit reposant sur une JDK 1.4.2_04.

4.3 Résultats expérimentaux

Dans cet travail, nous avons étudié l'effet de l'intensité de demande de supervision en terme de nombre de *getAttribute*/s et du nombre d'agents sur la variation de délais mesurés sur le gestionnaire.

Environnement à haute intensité de supervision

Nous avons varié le l'intensité de supervision entre 1 et 451 par palier de 50 entre le gestionnaire et l'agent. Comme l'indique la figure 2 la variation moyenne de délais croît d'une manière exponentielle en fonction de l'intensité de supervision. Elle est plus importante au niveau applicatif qu'au niveau réseau. Cette variation moyenne est proche de 0 pour des intensités de supervision inférieures à 200 *getAttribute*/s. Au delà de cette valeur, la variation augmente et un écart devient visible entre la variation au niveau applicatif et celle au niveau réseau. Cela est la cause d'une fluctuation importante des délais sous des intensités de supervision élevées. Cette fluctuation en fonction de temps écoulé lors d'une activité d'une intensité de supervision de 451 *getAttribute*/s, est représentée sur la figure 3. On observe que la variation de délais est moins importante au niveau paquets qu'au niveau applicatif. En effet, cette variation est due notamment au modèle

²⁶ <http://i-cluster2.inrialpes.fr/>

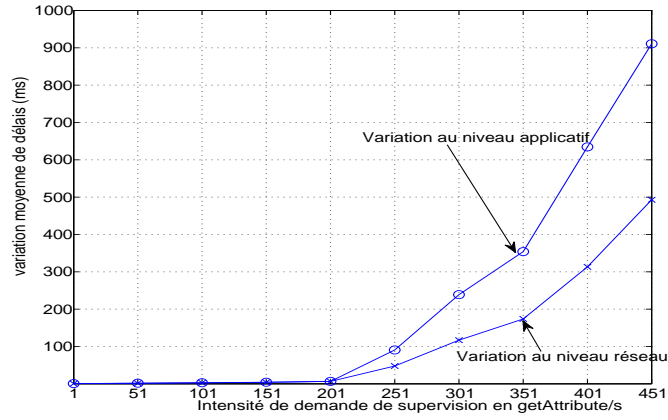


Fig. 2. Variation moyenne des délais de la supervision du serveur Web TJWS sous différentes intensités de demande de supervision.

de concurrence de thread Java sur lesquels s'appuie le gestionnaire pour collecter les valeurs des attributs. Comme l'indique le tableau 2, nous avons trouvé que

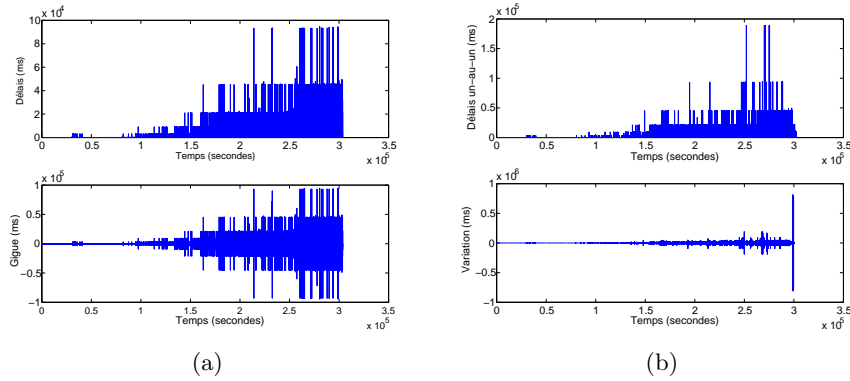


Fig. 3. Variations des délais de la supervision du serveur Web TJWS sous une intensité de surveillance de 451 getAttribute/s. (a) niveau applicatif. (b) niveau réseau.

la variation de délais suit une distribution Gamma [11] pour des intensité de demande de supervision supérieures à 1 getAttribute/s. La fonction de densité de cette distribution est la suivante :

$$f(x) = \frac{\left(\frac{x}{a}\right)^{b-1} e^{-x/a}}{a\Gamma(b)} \quad (1)$$

où a et b sont les paramètres de la distribution qui désignent respectivement l'échelle et la forme. Le paramètre de la forme de cette loi Gamma semble correspondre au niveau de l'intensité de demande de supervision. On observe que pour des intensités de supervision inférieure à 200 getAttribute/s, la valeur du paramètre forme de la distribution Gamma varie entre 0.2 et 0.25. En revanche, au delà de cette intensité la valeur de ce paramètre devient proche de 0.01 (entre 0.01 et 0.05).

Intensité de supervision	Distribution	λ^2	Paramètres Gamma	
			Forme	Échelle
1	Exponentiel	0.138	-	-
51	Gamma, Exponentiel	1.73, 2.52	0.254	6.26
101	Gamma, Exponentiel	1.07, 2.56	0.252	11.07
151	Gamma	0.54	0.236	17.57
201	Gamma	0.30	0.191	34.15
251	Gamma	0.93	0.016	562.88
301	LogNormal, Gamma	1.26, 1.51	0.0303	788.3
351	Gamma	1.49	0.0298	1189.1
401	Gamma	1.70	0.0436	1456.7
451	Gamma	1.64	0.051	1771

Tab. 2. Distributions statistiques approchant la variation de délais en utilisant l'indicateur de divergence λ^2 .

Environnement à large échelle

Dans la suite nous allons étudier l'effet du nombre d'agents impliqués dans une activité de supervision, sur la variation des délais que subissent les variables lors de transfert de leurs valeurs entre ces agents et le gestionnaire. La figure 4 indique la variation moyenne en fonction de nombre d'agents. On observe que cette variation est plus importante que celle du premier scénario où nous avons varié l'intensité de supervision. On s'aperçoit que le nombre d'agents depuis lesquels on collecte les données de supervision affecte considérablement la variation de délais. Ainsi, l'incertitude temporelle dans ce cas est plus importante et elle atteint les 20 secondes pour 700 agents où chacun d'eux est scruté avec une intensité de 1 getAttribute/s. Comme l'indique le tableau 3, l'analyse statistique de ces variations révèle qu'elles suivent aussi une distribution de Gamma pour un nombre d'agents au delà de 70. Au deçà de cette valeur, la distribution des variations de délais est plutôt exponentielle. Cela traduit le fait que sous une distribution exponentielle la probabilité que la variation est égale à 0 n'est pas nulle. En revanche sous une distribution Gamma, cette probabilité est nulle. Le paramètre forme de la distribution Gamma semble correspondre au nombre d'agents impliqués dans l'activité de supervision. On observe que le paramètre forme de la distribution Gamma, décroît en fonction de nombre d'agents impliqués dans la tâche de supervision.

Dans la suite nous nous sommes intéressés aux fréquences de mise à jour de la variable sur le gestionnaire après réception des réponses depuis les agents.

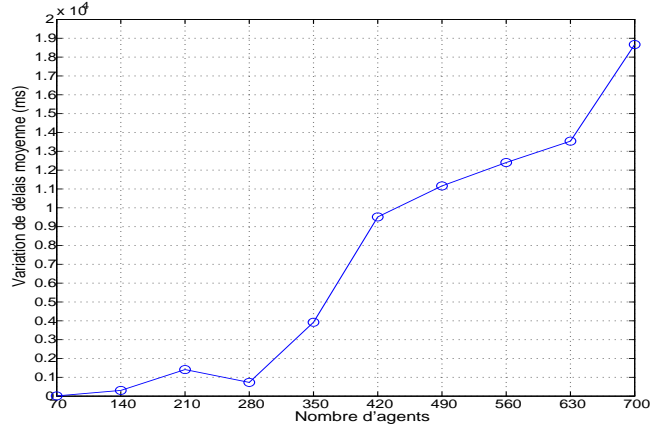


Fig. 4. Variation moyenne des délais de la supervision d'un groupe d'agents de différentes tailles.

Nombre d'agents	Distribution	λ^2	Paramètres Gamma	
			Forme	Échelle
70	Exponentiel	0.37	-	-
140	Weibull, Gamma	0.41, 0.49	0.33	893
210	Weibull, Gamma	0.359, 0.358	0.23	606.34
280	Gamma, LogNormal	0.42, 0.49	0.09	786.61
350	Gamma, LogNormal	0.25, 0.34	0.16	2369.3
420	Gamma, Weibull	0.29, 0.38	0.21	4436.6
490	Gamma, Weibull	0.28, 0.38	0.22	4934.9
560	Gamma, Weibull	0.24, 0.36	0.19	6351
630	Gamma, Weibull	0.20, 0.31	0.17	7707.4
700	Gamma, Weibull	0.19, 0.29	0.17	10527

Tab. 3. Distributions statistiques approchant la variation de délais en utilisant l'indicateur de dispersion λ^2 .

Comme indiqué dans la section 3, la fréquence réelle de mise à jour est définie de la façon suivante : $\gamma_{rel} = \frac{N}{\Delta + \delta}$, où N est le nombre d'agents impliqués dans la tâche de supervision, Δ est l'intervalle de scrutation et δ est la variation moyenne de délais. Cette fréquence caractérise le signal réel de réponses d'une observation des variables depuis les agents. Ce signal est éventuellement bruité à cause de la variation de délais δ . La figure 5 représente la fréquence réelle moyenne de mise à jour en attributs/seconde en fonction de nombre d'agents impliqués dans la tâche de supervision. Idéalement une application de supervision possède une fréquence théorique de mise à jour des variables de gestion de l'ordre de : $\gamma_{th} = \frac{N}{\Delta}$. Cette fréquence caractérise le signal de demande d'observation des variables définie par l'algorithme de supervision au niveau de gestionnaire. Nous définissons le rapport entre les fréquences théoriques et réelles comme étant la fonction de

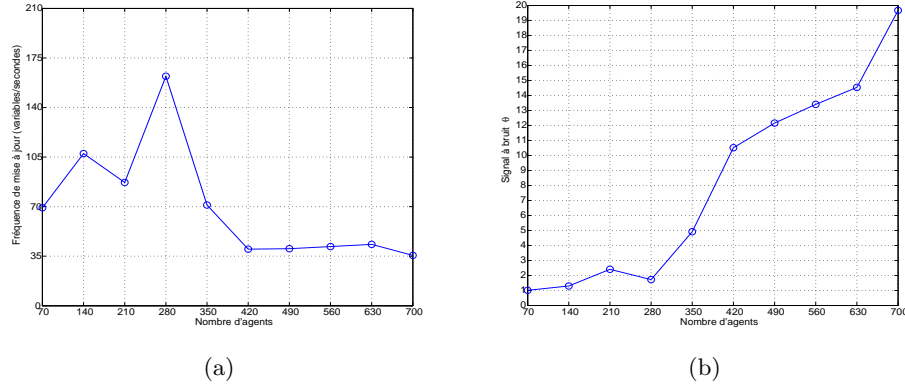


Fig. 5. Fréquence moyenne de mise à jour en termes d’attributs par seconde mesurés sur le questionnaire sous différent nombre d’agents (a). Fonction rapport signal bruit d’une activité de supervision sous différents nombre d’agents (b).

signal à bruit⁷[12] d’une activité de supervision. Cette fonction notée θ est égale à :

$$\theta = \frac{\gamma_{th}}{\gamma_{rel}} = 1 + \frac{\delta}{\Delta} \quad (2)$$

On observe d’après la figure 5 (b) que θ est croissante en fonction de nombre d’agents. En effet, lorsque le nombre d’agents augmente le signal de réponses devient faible à cause de la croissance de la variation de délais.

5 Conclusions et travaux futurs

Dans ce papier, nous avons étudié le phénomène de la variation de délais dans une application de supervision basée sur le framework JMX dédié à la gestion des ressources Java. Cette variation capture notamment la distorsion temporelle à laquelle est soumise la vue observée par un gestionnaire d’un système géré. En effet, une variation importante introduit une instabilité au niveau de cette vue qui provoque la perte de contrôle de système géré en cas de problèmes opérationnels. Dans ce papier, nous avons procédé à une analyse statistique de ces variations sous deux scénarios différents. Dans le premier scénario, nous avons analysé l’effet d’une haute demande supervision en terme de nombre d’opération par seconde sur cette variation de délais. Dans le deuxième scénario, nous avons analysé l’effet de nombre d’agents impliqué dans l’activité de supervision sur ces variations. Nous avons trouvé qu’a priori cette variation est d’origine applicatif. Dans les deux scénarios, elle suit une loi de Gamma dès que l’intensité de surveillance ou le nombre d’agents grandissent significativement. Cette étude nécessite une analyse plus fine de la variation de délais pour mieux comprendre

⁷ Signal-to-Noise.

ces sources. La technique de *profiling* semble adéquate pour ce genre d'analyse. Il est aussi indispensable de définir des mécanismes pour contrôler la variation de délais dans les applications de supervision notamment celles avec des contraintes temps réel.

Références

1. Pras, A., Drevers, T., van de Meent, R., Quartel, D. : Comparing the performance of snmp and web services-based management. IEEE eTNSM (Transactions on Network and Service Management) **1**(2) (december 2004)
2. Goldszmidt, G.S., Yemini, Y. : Evaluating management decisions via delegation. In : Proceedings of the IFIP TC6/WG6.6 Third International Symposium on Integrated Network Management, Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands, North-Holland Publishing Co. (1993) 247–257
3. Belenki, S., Tafvelin, S. : Analysis of errors in network load measurements. SIGCOMM Comput. Commun. Rev. **30**(1) (2000) 5–14
4. Case, J.D., Fedor, M., Schoffstall, M.L., Davin, J.R. : Simple Network Management Protocol (SNMP). RFC 1157 (Historic) (may 1990)
5. Acharya, A., Wang, X., Wright, C., Banerjee, N., Sengupta, B. : Real-time monitoring of sip infrastructure using message classification. In : MineNet '07 : Proceedings of the 3rd annual ACM workshop on Mining network data, New York, NY, USA, ACM Press (2007) 45–50
6. Paxson, V. : Empirically derived analytic models of wide-area tcp connections. IEEE/ACM Trans. Netw. **2**(4) (1994) 316–336
7. SUN : JavaTM management extensions, instrumentation and agent specification, v1.2. <http://jcp.org/en/jsr/detail?id=3> (october 2002) Maintenance Release 2.
8. SUN : JavaTM management extensions (jmx) remote api 1.0 specification. <http://www.jcp.org/en/jsr/detail?id=160> (october 2003) Final Release.
9. Lahmadi, A., Andrey, L., Festor, O. : Une approche de benchmarking des pratiques de gestion basées sur un middleware jmx pour les services et les applications. In : Colloque NOTERE 2006 : Nouvelles Technologies de la Répartition, Toulouse, France. Volume 6. (Juin 2006) 145–151
10. Lahmadi, A., Ghitescu, A., Andrey, L., Festor, O. : On the impact of management instrumentation models on web server performance : A jmx case study. In : AIMS, Inter-Domain Management, First International Conference on Autonomous Infrastructure, Management and Security, AIMS 2007, Oslo, Norway, June 21-22, 2007, Proceedings. Volume 4543 of Lecture Notes in Computer Science., Springer 1–12
11. Jain, R. : The art of Computer Systems Performance Analysis. John Wiley & Sons, Inc (1991) ISBN : 0-471-50336-3.
12. Shannon, C. : A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal **27** (July 1948) 379–423